



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 38 08 135.0
㉔ Anmeldetag: 11. 3. 88
㉕ Offenlegungstag: 28. 9. 89

Behördenzientum

DE 3808135 A1

㉗ Anmelder:

Klöckner-Moeller Elektrizitätsgesellschaft mbH, 5300
Bonn, DE

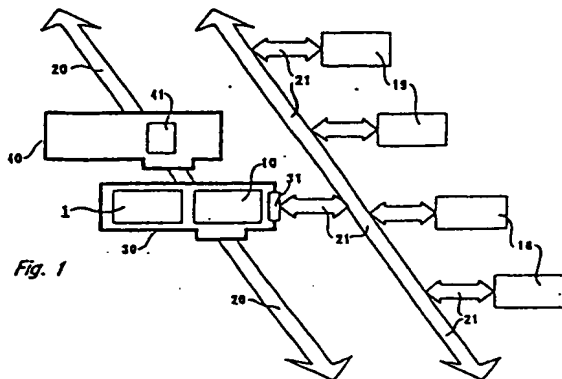
㉘ Erfinder:

Abendroth, Peter, Dipl.-Ing., 4561 Stockhausen, DE;
Saßenbach, Helmut, Dipl.-Ing., 5000 Köln, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Speicherprogrammierbares Steuerungssystem

Das speicherprogrammierbare Steuerungssystem ist integraler Bestandteil des Personal-Computers. Die SPS-Einheit (1) befindet sich auf einer Steckbaugruppe (30) und ist direkt auf den PC-Bus (20) aufgesteckt. Der Datenaustausch mit dem PC-Prozessor (41) erfolgt über das Koppelinterface (7). Die SPS-Einheit (1) liest, mittels einer sich selbst verwaltenden Interfaceeinheit (10), Daten und Informationen der dezentral an den Feldbus (21) angekoppelten Eingangseinheiten (18) und verarbeitet sie entsprechend des im freiprogrammierbaren Speicherbereich (5) abgelegten Anwenderprogramms. Die Steuerbefehle werden über die Interfaceeinheit (10) an die an den Feldbus (21) angekoppelten Ausgangseinheiten (19) gesendet. Die Steckbaugruppe (30) stellt somit ein von dem PC-Prozessor (41) völlig unabhängiges speicherprogrammierbares Steuerungssystem dar.



DE 3808135 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein speicherprogrammierbares Steuerungssystem, insbesondere vorgesehen als integraler Bestandteil eines Personal-Computers, bestehend aus den Einzelkomponenten, Mikrocontroller oder Mikroprozessor, Datenspeicher, freiprogrammierbarer Speicherbereich für das Anwenderprogramm und den Interfaceelementen, wobei alle Komponenten mit einem Bussystem untereinander verbunden sind.

Mit dem Personal-Computer werden in der Automatisierungstechnik vielfältige Aufgaben bewältigt. Er dient als Darstellungsanzeige in verfahrenstechnischen Abläufen und bei Vorgängen in der Meß- und Regeltechnik wie auch als Programmiergerät für SPS-Einheiten. Üblich sind, Koppelbaugruppen zur Ankopplung von Peripherieeinheiten in serieller oder paralleler Form, sowie Ein- und Ausgabebaugruppen, die direkt auf den PC-BUS gesteckt werden. Eine Steuerungs-, Regelungs-, Meß-, oder Berechnungsaufgabe wird hierbei immer vom PC-Prozessor ausgeführt. Neben diesen Aufgaben muß der PC-Prozessor MMI-Interfacefunktionen in Form von Tastaturabfrage, Tastaturauswertung, Bildverarbeitung und Plattenzugriff durchführen. Diese Funktionen nehmen den größten Teil des Prozessor-Zyklus in Anspruch. Für die Verarbeitung des Programms und der I/O's bleibt nur ein geringer Zeitbereich zur Verfügung. Die vielfach im Tasking-Verfahren arbeitenden Betriebssysteme erlauben daher nicht, Steuerungsverarbeitung im Echtzeitbetrieb durchzuführen. Derart schnelle und kontinuierlich verlaufende SPS-Funktionen sind nicht realisierbar.

Die Erfindung stellt sich daher die Aufgabe, die Vorteile einer speicherprogrammierbaren Steuerung mit den Vorteilen eines Personal-Computers zu kombinieren, wobei einerseits sämtliche PC-Aggregate, wie Grafik, Massenspeicher, LAN usw. voll im gesamten Kompaktsystem genutzt werden können und parallel zum PC-Prozessor, und von ihm völlig unabhängig, ein autarkes speicherprogrammierbares Steuerungssystem in den Personal-Computer integriert ist, welches von diesem Personal-Computer programmierbar ist und die Durchführung der Prozeßsteuerung, mit den über einen Feldbus an den Personal-Computer ankoppelbaren Peripherieeinheiten, im Echtzeitbetrieb durchführt.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruchs gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 bis 8 angegeben.

Dabei sieht die Erfindung nach Anspruch 1 vor, daß sich die SPS-Einheit auf einer Steckbaugruppe befindet und integraler Bestandteil des Personal-Computers ist, indem die Steckbaugruppe direkt auf den PC-BUS aufgesteckt ist, wobei die SPS-Einheit mittels eines Koppelinterfaces mit dem Prozessor des Personal-Computers über den PC-BUS in serieller oder paralleler Form Status, Daten und Programme tauscht und völlig unabhängig von dem Prozessor des Personal-Computers ein autarkes speicherprogrammierbares Steuerungssystem darstellt, indem die SPS-Einheit mittels einer sich selbst verwaltenden Interfaceeinheit Daten und Informationen der dezentral an den Feldbus gekoppelten Eingangs- Ausgangseinheiten liest, entsprechend des im freiprogrammierbaren Speicherbereich abgelegten Anwenderprogramms verarbeitet und seine Steuerbefehle an die dezentral, an den Feldbus angekoppelten Eingangs-Ausgangseinheiten über die Interfaceeinheit sendet.

Nach Anspruch 2 ist es für die Erfindung vorteilhaft, daß die Interfaceeinheit aus dem Dual-Port-Ram, dem Mikrocontroller, dem Datenspeicher, dem Speicher für das Betriebssystemprogramm des Interfaces und einem Interfacemodul, zur Ankopplung an den Feldbus, besteht.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt nach Anspruch 3 darin, daß die Steckbaugruppe so ausgeführt ist, daß die Bauteilebestückung variabel ist, und dadurch die Funktion zum einen als intelligentes Interface mit autarker SPS-Einheit und zum anderen als reine intelligente Interfaceschaltung aktiviert ist, indem entweder das Dual-Port-Ram (11) oder das Dual-Port-Ram (12) als Bestückung vorgesehen ist und daß nach Anspruch 4 die Arbitrationsschaltung über die Steuerleitung das Dual-Port-Ram (11) aktiviert und somit die Steckbaugruppe als Interfaceeinheit zwischen Feldbusebene und PC-Ebene fungiert oder über die Steuerleitung das Dual-Port-Ram (12) aktiviert und somit die Steckbaugruppe als SPS-Einheit fungiert, die für den PC-Prozessor die Prozeßsteuerung, nach dem im Programmspeicher individuell eingegebenen Anwenderprogramm und den von dem asynchron ablaufenden Interfacezyklus, der Interfaceeinheit, dem Dual-Port-Ram (12) bereitgestellten Dateninformationen, durchführt.

Zweckmäßigerweise dient, nach Anspruch 5, der Personal-Computer durch Wahl der PC-Software zum einen als Programmiergerät der SPS-Einheit, und zum anderen in der Prozeßphase als Darstellungs- und Verwaltungseinheit, für die von der SPS-Einheit ausgeführten Prozeßsteuerung.

Nach Anspruch 6 ist es vorteilhaft, daß durch wählbaren Adreßvergleich der Arbitrationsschaltung weitere Steckbaugruppen auf den PC-BUS gesteckt werden können, wobei unterschiedliche Prozesse parallel ablaufen können und die Darstellung dieser Prozesse von dem Personal-Computer durchgeführt werden.

Zweckdienlich für die Erfindung ist es nach Anspruch 7, daß die dezentral angeordneten Eingangs-Ausgangseinheiten sowohl eine direkte Eingangs-Ausgangperipherie für die Prozeßsteuerung darstellen, als auch mit eigener Intelligenz eine Vorverarbeitung für die Prozeß-Steuerung durchführen können und nach Anspruch 8, daß die SPS-Einheit eine Prozessorkern aufweist, der einen, für die Datenwortverarbeitung zuständigen Mikrocontroller, und einen, für schnelle Steuerungsaufgaben geeigneten Bitprozessor aufweist.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen speicherprogrammierbaren Steuerungssystems unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 die, nach der Erfindung, als integraler Bestandteil des Personal-Computers ausgeführte Steckbaugruppe, auf der sich die SPS-Einheit, und die Interfaceeinheit, zur Kopplung der PC-BUS-Ebene und der Feldbusebene, befindet.

Fig. 2 ein Blockschaltbild zur Darstellung der auf der Steckbaugruppe befindlichen notwendigen Komponenten und deren Zusammenwirken zur Realisierung der Erfindung.

Fig. 3 eine beispielhafte Darstellung zur Verdeutlichung der zeitlichen Aufteilung eines Zyklusses der verschiedenen Prozessoren, die sich innerhalb des Personal-Computers, zur Durchführung der Erfindung, befinden.

Fig. 4 eine Skizze, aus welcher zu entnehmen ist, wie die Aufgabenverteilung der Prozessoren und wie die Anordnung der einzelnen Komponenten nach der Erfindung

dung vorgesehen ist.

Fig. 1 zeigt die, nach der Erfindung, als integraler Bestandteil des Personal-Computers ausgeführte Steckbaugruppe 30, auf der sich die SPS-Einheit 1 und die Interfaceeinheit zur Ankopplung der PC-BUS-Ebene 20 und der Feldbusebene 21 befindet.

Hierbei wird der wesentliche Vorteil der Erfindung verdeutlicht, daß die Steckbaugruppe 30 ebenso wie andere Peripheriebaugruppen und wie die Prozessorbaugruppe 40 auf den PC-BUS 20 steckbar ist. Auf der Steckbaugruppe 30 befindet sich die SPS-Einheit 1 und die zur Ankopplung an die Feldbusebene notwendige Interfaceeinheit 10. Die Ankopplung erfolgt über einen Steckverbinder 31 an den Feldbus 21. Die Peripheriegeräte 18, 19, die sich auf der Feldbusebene befinden und deren Prozeß von der speicherprogrammierbaren Steuerung durchgeführt wird, können sowohl einfache Ein-Ausgabeeinheiten 18, 19 wie auch intelligente Steuereinheiten sein, die eine Vorverarbeitung für die Prozeßsteuerung darstellen können und oder ein autark arbeitendes Steuerungssystem mit eigenem Master-Slave-Verbund aufweisen. Die Kommunikation über die Feldbusebene wird von der intelligenten Interfaceeinheit 10 kontrolliert und protokolliert. Der PC-Prozessor 41 arbeitet unabhängig von der Prozeßsteuerung parallel zum Prozessorkern 9 der speicherprogrammierbaren Steuerung.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild zur Darstellung der auf der Steckbaugruppe befindlichen, notwendigen Komponenten und deren Zusammenwirken zur Realisierung der Erfindung.

Im wesentlichen besteht die Steckbaugruppe aus den Funktionsblöcken SPS-Einheit 1 und Interfaceeinheit 10. Das Zusammenwirken dieser Funktionsblöcke stellt ein autarkes speicherprogrammierbares Steuerungssystem zur Verfügung. Die Interfaceeinheit 10 besteht aus dem Mikrocontroller 14, ein Speicher 13, vorteilhaft als ROM oder EPROM, für das Betriebssystemprogramm der Interfaceeinheit 10, einem eigenen Datenpufferspeicher 15, dem Dual-Port-Ram 12 und dem Interfacemodul 16. Das Interfacemodul 16 stellt die über den Feldbus 21 angebotenen Peripheriedaten der dem Mikrocontroller 14 über den Interfacebus 23' zur Verfügung. Dieser legt die Peripheriedaten im Dual-Port-Ram 12 und im Datenpufferspeicher 15 über den Interfacebus 23 ab. Das Interfaceprotokoll kontrolliert, nach dem im Speicher 13 befindlichen Betriebssystemprogramm, diese Daten ständig und in jedem Zyklus auf Übereinstimmung mit den angebotenen Peripheriedaten. Die SPS-Einheit 1 besteht aus dem Prozessorkern 9, dem Betriebssystemspeicher 4, dem Speicher 5 für das Anwenderprogramm, und dem Datenspeicher 6. Den Prozessorkern 9 bilden der wortverarbeitende Mikrocontroller 2 und der für schnelle Steuerungsaufgaben besonders geeignete Bitprozessor 3. Verbunden sind diese Komponenten über den SPS-BUS 22. Das Dual-Port-Ram 12 ermöglicht einen vollkommenen asynchronen Datenaustausch von zwei Seiten auf beliebige Speicherzellen zwischen SPS-Einheit 1 und der Interfaceeinheit 10. Der Austausch von Daten und Status zwischen SPS-Einheit 1 und PC-Prozessor erfolgt über das Koppelinterface 7 und dem PC-BUS 20. Das Koppelinterface 7 kann vorteilhafterweise auch ein Dual-Port-Ram sein. Die Arbitrationsschaltung 8 aktiviert über einen Vergleich der vom PC-Prozessor 41 angebotenen Adresse mit einer fest einstellbaren Adresse das Dual-Port-Ram 12 und das Koppelinterface 7 über die Steuerleitung 26. Ein besonderer Vorteil der Steckbaugruppe 30 ist es,

daß sie bei einer Minderbestückung als reine intelligente Interfacekarte betrieben werden kann. Dies ist dann der Fall, wenn Reaktionszeiten eine geringe Rolle spielen und somit die Informationsverarbeitung und der Prozeßablauf durch den Personal-Computer übernommen werden sollen. In diesem Fall würde die Bauteilebestückung der SPS-Einheit 1 wie auch das Koppelinterface 7 und das Dual-Port-Ram 12 entfallen. Hierbei wird das Dual-Port-Ram 11 von der Arbitrationsschaltung 8 über die Steuerleitung 25 aktiviert. Die Informationsverarbeitung und die Prozeßsteuerung ist dabei nicht mehr an einer SPS-Sprache gebunden und kann vom Anwender frei gewählt werden, (z. B. Pascal, C, Basic usw.). Dadurch erhöht sich bekanntlich die Nutzungsmöglichkeit bestimmter Anwendungsbereiche. Dies ist allerdings nur ein nützlicher Nebeneffekt der Funktions- und Anwendungsmöglichkeit der Baugruppe 30. Der Erfindungsgedanke bezieht sich jedoch auf eine Maximalbestückung der Steckbaugruppe als speicherprogrammierbares Steuerungssystem. Dabei wird die Prozeßsteuerung von der SPS-Einheit 1 übernommen (AWL-Programm) und verarbeitet die Dateninformationen aus dem Dual-Port-Ram 12, die durch den asynchron ablaufenden Interfacezyklus bereitgestellt werden. Hierdurch werden sehr kurze Reaktionszeiten ermöglicht, die ausschließlich von der SPS-Zykluszeit und der Interfacezykluszeit abhängt. Die SPS-Zykluszeit wird von dem Umfang des Anwenderprogramms bestimmt und die Interfacezykluszeit durch die Anzahl der an den Feldbus angeschlossenen Eingangs-Ausgangeinheiten 18, 19. Die SPS-Programmerstellung und deren Austestung vom Anwender/Programmierer erfolgt mit Hilfe des PC-Prozessors 41, indem die Benutzeroberfläche (Tastatur 51 und Bildschirm 50, Massenspeicher 52 etc.) für diese Zwecke genutzt wird. Ist die Programmerstellungsphase abgeschlossen, so läuft die SPS-Einheit 1 autark und der PC-Prozessor 41 kann andere Programme ausführen, z. B. MMI, Prozeßleitsystem, Datenverwaltung usw.

Auch der Einsatz mehrerer Steckbaugruppen 30 ist möglich, die durch einen wählbaren Adreßvergleich der Arbitrationsschaltung aktiviert werden können. Hierbei ist der Ablauf unterschiedlicher Prozesse möglich, deren Darstellung und Verwaltung von dem Personal-Computer durchgeführt wird.

Fig. 3 zeigt eine beispielhafte Darstellung zur Verdeutlichung der zeitlichen Aufteilung eines Zyklusses der verschiedenen Prozessoren, die sich innerhalb des Personal-Computers, zur Durchführung der Erfindung, befinden.

Der PC-Prozessor 41 stellt nur einen geringen Teil seiner Zykluszeit für die Programmverarbeitung zur Verfügung. Hauptsächlich beschäftigt er sich mit Funktionen wie Bildaufbau, Tastaturabfrage und Plattenzugriff. Der PC-Prozessor benötigt eine Zykluszeit > 100 ms und liegt typisch im Sekundenbereich. Die SPS-Zykluszeit setzt sich hauptsächlich aus dem Abarbeiten des Betriebssystems, des Anwenderprogramms und der Abfrage und Darstellung der I/O's zusammen. Sie ist < 100 ms. Der typische Wert liegt zwischen 1 und 60 ms. Der Interfacezyklus liegt bei ungefähr 20 ms. Diese Zeit wird hauptsächlich für das Interfaceprotokoll und die Übergabe der Peripheriedaten an den SPS-Prozessor aufgebracht. Es ist leicht einsehbar, daß die Prozeßsteuerung durch die SPS-Einheit 1 und die Interfaceeinheit 10 wesentlich schneller durchführbar ist, als mittels des PC-Prozessors 41.

In Fig. 4 ist eine Skizze dargestellt, aus welcher zu

entnehmen ist, wie die Aufgabenverteilung der Prozessoren und wie die Anordnung der einzelnen Komponenten nach der Erfindung vorgesehen ist.

Hier wird verdeutlicht, daß der PC-Prozessor 41 lediglich die Bedienung und Datenverarbeitung ausführt. Er nimmt die Instruktionen der Tastatur 51 auf, führt den Bildaufbau für den Bildschirm 50 aus und verwaltet den Plattenzugriff auf den Massenspeicher 52. Der PC-Prozessor 41 korrespondiert mit der SPS-Einheit 1, welche ihm ständig die für seine Datenverwaltung und Prozeßdarstellung notwendigen Zustandsdaten mitteilt. Vollkommen unabhängig von der Funktion des PC-Prozessors 41 arbeitet die SPS-Einheit 1 in Korrespondenz mit der intelligenten Interfaceeinheit 10. Dieser nach der Erfindung in den Personal-Computer integrierte Teil sorgt für die Verarbeitung und Steuerung des Prozesses. Die zur Durchführung des Prozesses notwendigen Eingangs-Ausgangseinheiten 18, 19 sind dezentral in der Peripherieebene angeordnet und sind über den Feldbus 21 an den Personal-Computer angekoppelt. Der für die Erfindung bevorzugte Anwendungsfall findet sich beispielsweise bei PC-überwachten und SPS-gesteuerten Meß- und Prüfplätzen. Ein vorteilhaftes Anwendungsgebiet findet sich aber auch in der Automatisierungstechnik und bei Überwachungs- und protokollierungstechnischen Verfahrensabläufen.

Ein Hauptmerkmal für den Anwender ist bei Nutzung der Erfindung, die Vorteile von Personal-Computer und speicherprogrammierbarer Steuerung, ohne großen Aufwand und somit wirtschaftlich zu vereinen.

Patentansprüche

1. Speicherprogrammierbares Steuerungssystem, insbesondere vorgesehen als integrierbarer Bestandteil eines Personal-Computers, bestehend aus den Einzelkomponenten, Mikrocontroller oder Mikroprozessor, Datenspeicher, freiprogrammierbarer Speicherbereich für das Anwenderprogramm und den Interfaceelementen, wobei alle Komponenten mit einem Bussystem untereinander verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß sich die SPS-Einheit (1) auf einer Steckbaugruppe (30) befindet und integraler Bestandteil des Personal-Computers ist, indem die Steckbaugruppe (30) direkt auf den PC-BUS (20) aufgesteckt ist, wobei die SPS-Einheit (1) mittels eines Koppelinterfaces (7) mit dem Prozessor (41) des Personal-Computers über den PC-BUS (20) in serieller oder paralleler Form Status, Daten und Programme tauscht und völlig unabhängig von dem Prozessor (41) des Personal-Computers ein autarkes speicherprogrammierbares Steuerungssystem darstellt, indem die SPS-Einheit (1) mittels einer sich selbst verwaltenden Interfaceeinheit (10) Daten und Informationen der dezentral an den Feldbus (21) gekoppelten Eingangseinheiten (18) liest, entsprechend des im freiprogrammierbaren Speicherbereich (5) abgelegten Anwenderprogramms verarbeitet und seine Steuerbefehle an die dezentral, an den Feldbus (21) angekoppelten Ausgangseinheiten (19) über die Interfaceeinheit (10) sendet.

2. Speicherprogrammierbares Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Interfaceeinheit (10) aus dem Dual-Port-Ram (11 oder 12), dem Mikrocontroller (14), dem Datenspeicher (15), dem Speicher (13) für das Betriebssystemprogramm der Interfaceeinheit (10) und einem In-

terfacemodul (16), zur Ankopplung an den Feldbus (21), besteht.

3. Speicherprogrammierbares Steuerungssystem nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steckbaugruppe (30) so ausgeführt ist, daß die Bauteilebestückung variabel ist, und dadurch die Funktion der Interfaceeinheit (10) zum einen als intelligentes Interface mit autarker SPS-Einheit (1) und zum anderen als reines intelligentes Interface mit direkter Ankopplung an den PC-BUS (20) aktiviert ist, indem entweder das Dual-Port-Ram (11) oder das Dual-Port-Ram (12) als Bestückung vorgesehen ist.

4. Speicherprogrammierbares Steuerungssystem nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbitrationsschaltung (8) über die Steuerleitung (25) das Dual-Port-Ram (11) aktiviert und somit die Steckbaugruppe (30) als Interfaceeinheit zwischen Feldbusebene und PC-Ebene fungiert oder über die Steuerleitung (26) das Dual-Port-Ram (12) aktiviert und somit die Steckbaugruppe (30) als autarkes speicherprogrammierbares Steuerungssystem fungiert, das für den PC-Prozessor (41) die Prozeßsteuerung, nach dem im Programmspeicher (5) individuell eingegebenen Anwenderprogramm und den von dem asynchron ablaufenden Interfacezyklus, der Interfaceeinheit (10), dem Dual-Port-Ram (12), bereitgestellten Dateninformationen, durchführt.

5. Speicherprogrammierbares Steuerungssystem nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Personal-Computer durch Wahl der PC-Software zum einen als Programmiergerät der SPS-Einheit (1) dient, und zum anderen in der Prozeßphase als Darstellungseinheit, für die von der SPS-Einheit (1) ausgeführten Prozeßsteuerung, dient.

6. Speicherprogrammierbares Steuerungssystem nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß durch wählbaren Adreßvergleich der Arbitrationsschaltung (8) weitere Steckbaugruppen (30) auf den PC-BUS (20) gesteckt werden können, wobei unterschiedliche Prozesse parallel ablaufen können und die Darstellung und Verwaltung dieser Prozesse von dem Personal-Computer durchgeführt wird.

7. Speicherprogrammierbares Steuerungssystem nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die dezentral angeordneten Eingangs-Ausgangseinheiten (18, 19) sowohl eine direkte Eingangs-Ausgangsperipherie für die Prozeßsteuerung darstellen, als auch mit eigener Intelligenz eine Vorverarbeitung für die Prozeßsteuerung durchführen können.

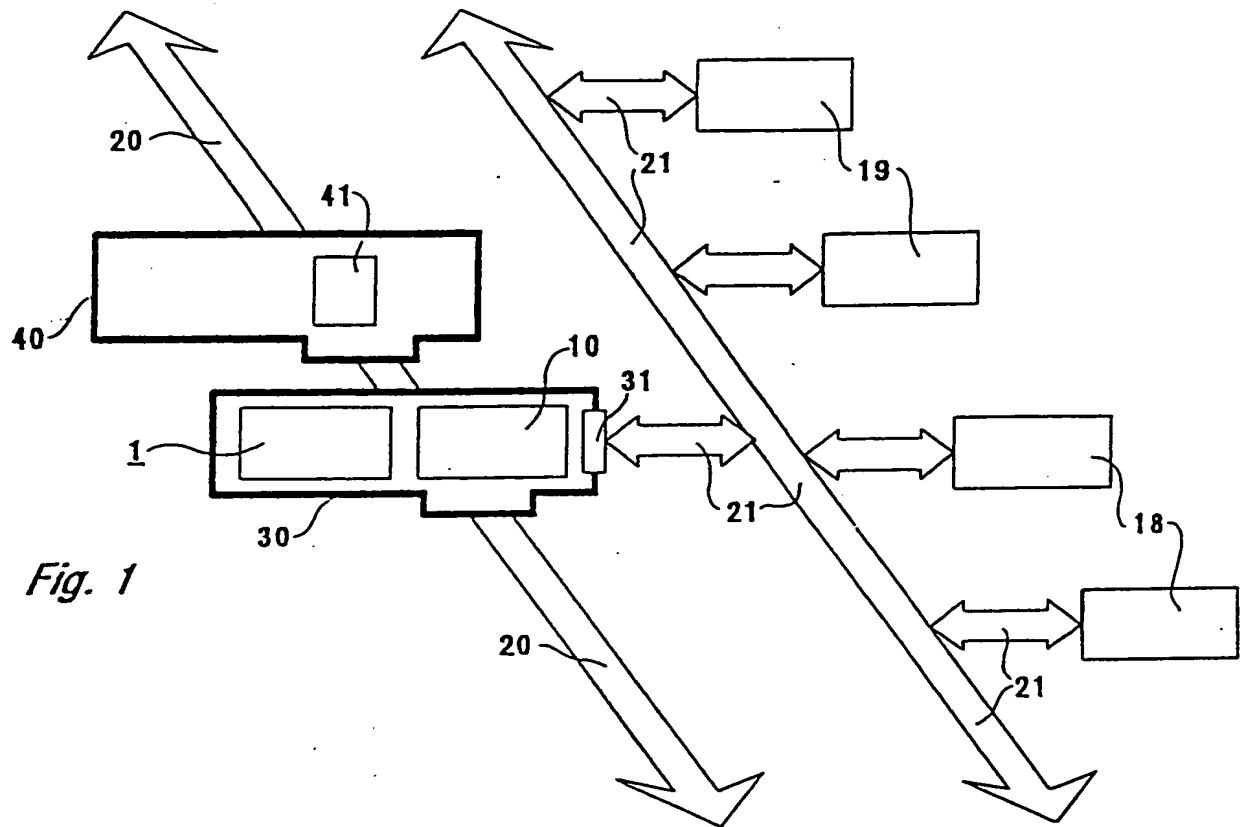
8. Speicherprogrammierbares Steuerungssystem nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die SPS-Einheit (1) einen Prozessorkern (9) aufweist, der einen, für die Datenwortverarbeitung zuständigen Mikrocontroller (2), und einen, für schnelle Steuerungsaufgaben geeigneten Bitprozessor (3) aufweist.

- Leerseite -

3808135

Nummer:
Int. Cl.4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

38 08 135
G 06 F 1/00
11. März 1988
28. September 1989
/ /



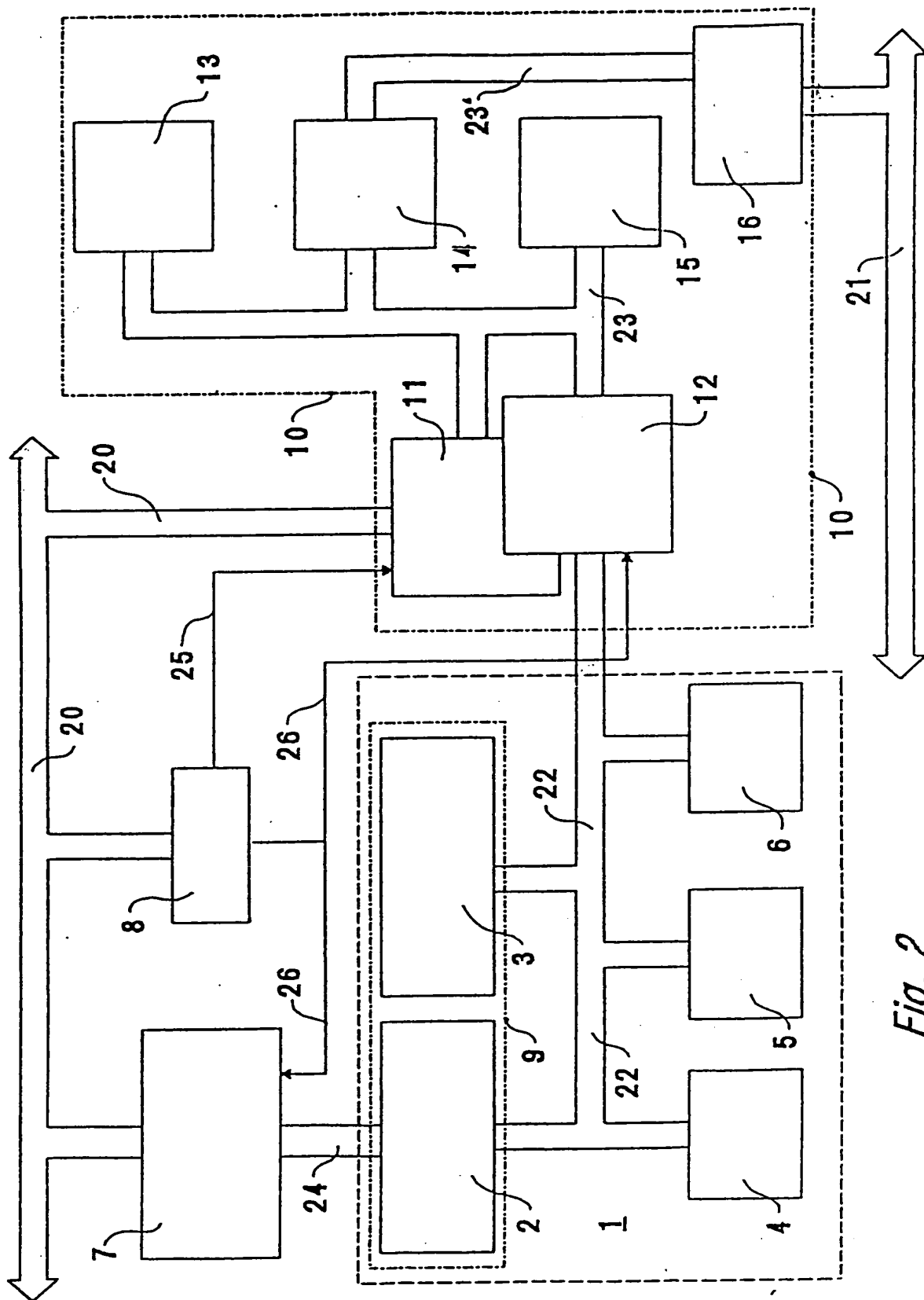


Fig. 2

16*
3808135

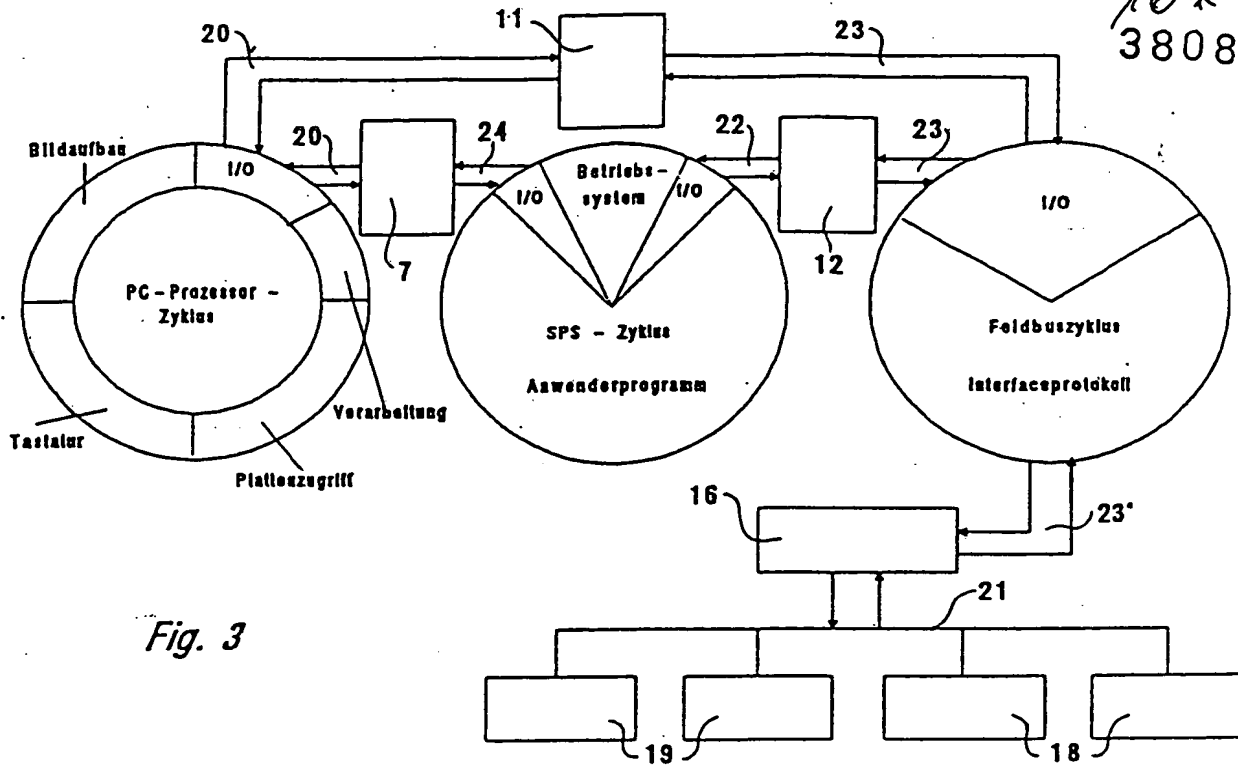


Fig. 3

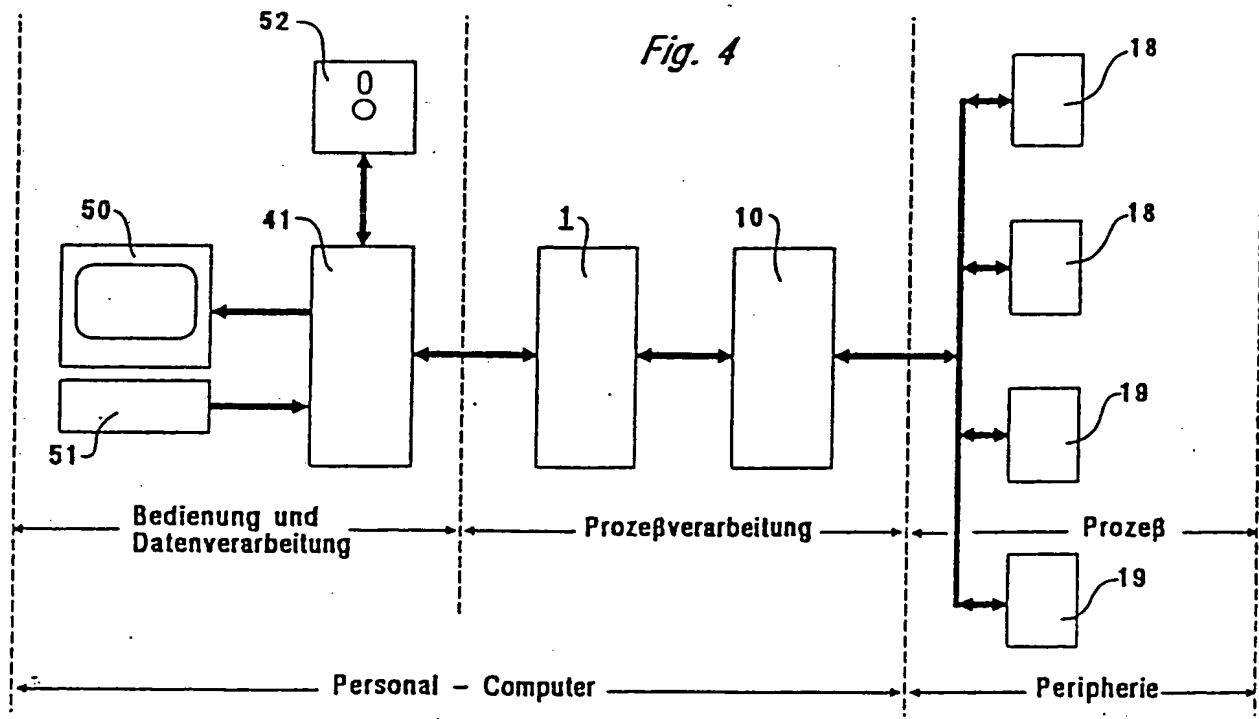


Fig. 4